



KAJIAN FISIKA KIMIA LIMBAH STYROFOAM DAN APLIKASINYA

Ni Ketut Sumarni¹, Husain Sosidi², ABD Rahman R³, Musafira⁴

^{1,4}Laboratorium Kimia Fisik Fakultas MIPA, Universitas Tadulako

^{2,3}Laboratorium Kimia Analitik Fakultas MIPA, Universitas Tadulako

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan senyawa polistyren yang memiliki sifat hampir sama dengan polimer alam yaitu amilosa yang diperoleh dari pati amprotab sehingga dapat dipadukan atau di-poliblend. Pada tahapan ini dilakukan analisis sifat polimer yang meliputi gugus fungsi dan massa molekul relatif rata-rata polimer. Dari hasil analisis gugus fungsi dengan FTIR, polistyren termasuk senyawa non polar karena tidak terlihat adanya puncak serapan disekitar $3600 - 3200 \text{ cm}^{-1}$ yang disebabkan vibrasi ikatan hidrogen dari gugus -OH. Sifat non polar ini dapat dirubah menjadi sifat polar dengan melakukan sulfonasi terhadap polistyren menjadi polistyren tersulfonasi. Hasil analisis gugus fungsi polistyren tersulfonasi, menunjukkan adanya puncak serapan yang lebar disekitar $3600 - 3200 \text{ cm}^{-1}$ yang disebabkan vibrasi ikatan hidrogen dari gugus -OH. Sedangkan massa molekul relatif rata-rata yang terukur untuk polistiren tersulfonasi (PSS) diperoleh $54.688,27 \text{ g/mol}$ sedangkan amilosa diperoleh sebesar $70.987,45 \text{ g/mol}$ jika dibandingkan dengan amilopektin yang diperoleh sebesar $95.225,47 \text{ g/mol}$, sehingga PSS lebih memungkinkan dapat dipoliblend dengan amilosa jika dibandingkan dengan amilopektin. Selain itu kesamaan sifat juga dimiliki oleh PSS dan amilosa yaitu sama-sama memiliki struktur rantai lurus sedangkan amilopektin memiliki struktur rantai bercabang. Perbandingan komposisi poliblend yang dibuat meliputi PS:Amilosa (80:20b/b), PSS:Amilosa (100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50) dan masing dilakukan karakterisasi meliputi Analisis gugus fungsi, Analisis uji tarik, Analisis sifat termal, Analisis sifat kristal, Analisis permukaan dan Uji biodegradasi.

Kata Kunci : *styrofoam, polistyren, polistyren tersulfonasi, amilosa, polibled*

I. PENDAHULUAN

Styrofoam merupakan plastik berbahan dasar polistiren, banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari sebagai pengemas, memiliki beberapa keunggulan sifat di antaranya fleksibel, tidak mudah pecah, dapat dikombinasikan dengan bahan kemasan lain, tidak korosif serta harganya relatif murah.

Polistiren merupakan senyawa non polar dapat diisolasi dengan mudah dari limbah plastik styrofoam menggunakan pelarut kloroform dan dimurnikan dengan cara mengendapkan larutannya dalam metanol. Polistiren dapat dimodifikasi menjadi senyawa polar melalui sulfonasi dan pembentukan poliblendnya dengan polimer alam yang bersifat polar yaitu amilosa.

Amilosa merupakan salah satu komponen pati ubikayu yang terdiri dari 50 sampai 500 unit glukosa yang bergabung dalam rantai lurus melalui ikatan α -(1,4)-glikosida membentuk jaringan yang teratur dan bersifat kristal, juga larut dalam air, memiliki daya alir dan kompresibilitas yang baik. Hidroksi bebas yang terdapat dalam amilosa dapat berfungsi sebagai poliol dan dapat berikatan secara fisik dengan gugus sulfonat yang terdapat dalam polistiren tersulfonasi. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan kajian sifat fisika kimia

styrofoam dan aplikasinya sebagai bahan dasar pembuatan polimer poliblend.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Isolasi Polistiren

Plastik Styrofoam dilarutkan dalam kloroform teknis kemudian disaring. Filtrat tersebut dimurnikan dengan cara diteteskan ke dalam gelas kimia yang berisi metanol, endapan (serabut) polistiren yang diperoleh disaring dengan corong Buchner dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 60 °C selama 24 jam.

2.2 Modifikasi Polistiren

2.2.1 Pembuatan Agen Sulfonasi

Sebanyak 10 mL diklorometana dan 3,4 mL anhidrida asetat dicampurkan dalam labu bundar berleher tiga dalam kondisi inert dengan menggunakan gas N₂. Larutan didinginkan pada suhu 0 °C, kemudian ditambahkan 2 mL H₂SO₄ 98% (v/v) sambil diaduk hingga homogen. Asetil sulfonat yang diperoleh segera digunakan untuk mensulfonasi polistiren.

2.2.2 Sulfonasi Polistiren

Sebanyak 14 gram polistiren dilarutkan dalam 140 mL diklorometana, kemudian larutan polistiren dimasukkan ke dalam labu cabang tiga yang telah berisi asetil sulfat. Selama proses sulfonasi, gas N₂ dialirkan ke dalam labu bundar berleher

tiga. Proses sulfonasi dilakukan pada suhu 40 °C selama 30 menit. Untuk menghentikan proses sulfonasi, dilakukan penambahan 10 mL larutan 2-propanol ke dalam larutan. Larutan dimurnikan dalam aquadest mendidih selanjutnya disaring dan sisa asamnya dinetralkan dalam air mengalir. Polistiren tersulfonasi yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam.

2.3 Isolasi Amilosa dari Pati Ubi Kayu

2.3.1 Penghilangan Asam Lemak

Penghilangan asam lemak dalam pati dilakukan dengan cara ekstraksi menggunakan larutan metanol 80% (v/v) bersuhu 65 °C selama empat jam. Hasil ekstraksi disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam.

2.3.2 Pemisahan Amilosa dari Amilopektin

Sebanyak 30 gram pati bebas asam lemak dilarutkan dalam 100 mL aqua dm sambil diaduk selama 30 menit. Bagian yang tidak larut dalam aqua dm adalah amilopektin yang langsung mengendap, sedangkan bagian yang larut adalah amilosa, yang mengendap belakangan. Kedua bagian ini dipisahkan dan ditampung dalam wadah yang berbeda. Dengan menggunakan sentrifuge 5810 eppendorf berkecepatan 6500 rpm selama 25 menit, masing-masing endapan

didekantasi sampai diperoleh bubuk putih selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam.

2.4. Identifikasi Gugus Fungsi

Sampel uji yaitu polistiren tersulfonasi, amilosa, dan poliblendnya dibuat pellet dengan KBr, dengan perbandingan sampel : KBr = 1 : 9. Pellet dimasukkan ke dalam tempat sampel pada peralatan FTIR. Spektrum infra merah direkam pada bilangan gelombang 500 sampai 4500 cm⁻¹.

2.5 Penentuan Gugus Fungsi secara Viskometri

Massa molekul polimer ditentukan dengan mengukur viskositas larutan polimer kemudian dibandingkan dengan nilai viskositas dari pelarut. Polistiren dan polistiren tersulfonasi dilarutkan dalam kloroform sedangkan amilosa dilarutkan dalam air sampai diperoleh larutan dengan konsentrasi 0,001, 0,002, 0,003, 0,004, dan 0,005 g/mL. Masing-masing waktu alir larutan polimer diukur dengan viskometer Cannon-Fenske. Penentuan massa molekul relatif rata-rata setiap polimer dihitung dengan menggunakan persamaan Mark-Houwink-Sakurada yaitu $[\eta] = K \overline{M}^a$. $[\eta]$ adalah viskositas intrinsik diperoleh dari grafik sedangkan K dan a adalah tetapan yang nilainya tergantung pada suhu. Untuk polistiren dalam pelarut kloroform pada

suhu 25 °C masing-masing $K = 7,16 \times 10^{-3}$ L/g dan nilai $a = 0,76$ sedangkan untuk amilosa dalam pelarut air pada suhu 20 °C adalah $K = 1,32 \times 10^{-2}$ L/g dan $a = 0,68$ (Mark, 2007).

2.6 Pembuatan Poliblend

Poliblend antara PS/PSS dan amilosa dibuat dengan variasi komposisi % (w/w) sebagai berikut: poliblend PS/Amilosa (70/30) dan poliblend PSS/Amilosa terdiri dari (100/0); (90/10); (80/20); (70/30); (60/40) dan (50/50). Sedangkan campuran pelarut yang digunakan antara toluen dan n-butanol adalah 14 : 6 atau 7 : 3 (v/v). Dalam proses pembuatannya, antara PSS dan amilosa dilarutkan dalam wadah yang berbeda. PSS dilarutkan dalam toluen sedangkan amilosa dilarutkan dalam n-butanol dan 1 mL gliserol (0,04%). Setelah larut, keduanya dicampurkan dan dihomogenkan selama 30 menit pada suhu 40 °C. Setelah homogen, campuran dicetak menggunakan cawan petri.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

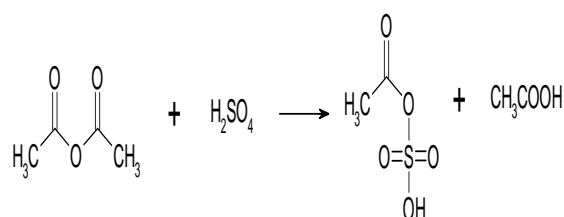
3.1 Isolasi Polistiren dan

Modifikasinya

Polistiren (PS) merupakan polimer termoplastik penyusun styrofoam. PS diisolasi dari limbah plastik styrofoam dengan pelarut kloroform dan

diendapkan dalam pelarut metanol. PS yang diperoleh berbentuk serabut berwarna putih. Setelah dilakukan penimbangan, rendemennya mencapai 97,4%. Sifat polimer ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain struktur rantai polimer, kristalinitas dan massa molekul relatif polimer.

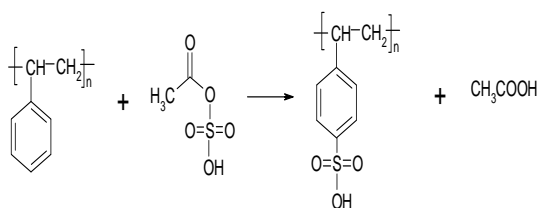
Modifikasi PS dilakukan melalui sulfonasi. **Gambar I** menunjukkan reaksi pembentukan asetil sulfonat.



Gambar I Reaksi Pembentukan Asetil Sulfonat

Asetil sulfonat berfungsi sebagai agen sulfonasi diperoleh dari hasil reaksi antara anhidrida asetat dengan asam sulfat pekat dalam pelarut diklorometana. Anhidrida asetat berfungsi untuk menyerap air agar tidak ikut bereaksi. Anhidrida asetat digunakan pada sulfonasi karena sifatnya yang higroskopis. Reaksi pembentukan asetil sulfat ini harus dilakukan dalam keadaan inert. Oleh karena itu, pada saat reaksi berlangsung dialirkan gas N₂. Suhu reaksi dikondisikan pada 0 °C agar tidak terjadi *bumping* saat penambahan asam sulfat pekat. Reaksi sulfonasi yang terlihat pada **Gambar II**, menunjukkan bahwa gugus sulfonat

mensubstitusi atom hidrogen yang berada pada posisi para dari cincin aromatik.



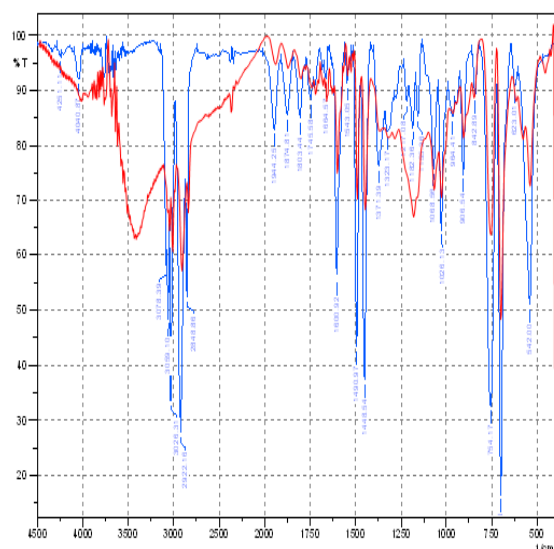
Gambar II Reaksi Pembentukan PSS

Selama reaksi sulfonasi berlangsung dikondisikan pada suhu optimal 40 °C dan dibiarkan berlangsung selama 30 menit. Hasil reaksi sulfonasi berupa larutan berwarna kuning pekat. Setelah 30 menit, reaksi dihentikan dengan menambahkan larutan 2-propanol. Hasil sintesis PSS dimurnikan dalam air mendidih untuk menghindari kemungkinan adanya pengotor pada polimer PSS. Setelah pemurnian, diperoleh PSS berwarna putih dan sisa asamnya dinetralkan dengan air mengalir. PSS ini bersifat higroskopis, sehingga harus dikeringkan dan disimpan dalam desikator. Setelah ditimbang diperoleh rendemen sebesar 96,64%.

Penentuan massa molekul relatif rata-rata PSS juga dilakukan dengan metode viskometri hasilnya diperoleh sebesar 54.688.27 g/mol. Massa molekul relatif PSS lebih besar jika dibandingkan dengan massa molekul relatif PS. Hal ini menunjukkan adanya penambahan gugus

baru ke dalam polistiren yaitu -SO₃H. Dari hasil analisis derajat sulfonasi dilakukan secara titrasi asam-basa. Derajat sulfonasi dari PSS diperoleh sebesar 14,28 %, yang berarti hanya sekitar 14,28% gugus benzena yang tersubstitusi oleh gugus sulfonat.

Identifikasi gugus fungsi PS dan PSS dilakukan dengan menggunakan FTIR. **Gambar III** menunjukkan perbedaan gugus fungsi yang dimiliki oleh kedua polimer. Garis warna biru adalah serapan gugus fungsi PS sedangkan garis warna merah adalah serapan gugus fungsi PSS. Adanya perbedaan sebagian puncak serapan antara gugus fungsi dalam PS dengan gugus fungsi dalam PSS. Perbedaan ini disebabkan adanya gugus sulfonat yang tersubstitusi pada cincin benzena dalam PSS. Puncak serapan pada daerah bilangan gelombang antara 1217 - 1165 cm⁻¹ disebabkan oleh vibrasi ikatan O=S=O dari gugus sulfonat dan antara 3600 cm⁻¹ - 3200 cm⁻¹ disebabkan vibrasi ikatan hidrogen dari gugus -OH. Puncak serapan juga muncul pada bilangan gelombang 860 - 800 cm⁻¹ menunjukkan adanya substitusi 1,4 pada cincin benzena. Ketiga puncak tersebut menunjukkan terjadi penambahan gugus baru ke dalam cincin benzena pada posisi para yaitu -SO₃H yang menyebabkan PSS bersifat hidrofil.



Gambar III Spektrum IR PS (garis biru) dan PSS (garis merah)

Selain itu dalam PS dan PSS muncul puncak serapan pada bilangan gelombang yang sama antara lain, vibrasi ikatan $\text{—CH}_2\text{—}$ dan —C—H alifatik teramati pada bilangan gelombang antara $3000 - 2700 \text{ cm}^{-1}$, vibrasi ikatan C=C dan C—C pada cincin benzena muncul pada bilangan gelombang antara $1675 - 1500 \text{ cm}^{-1}$, pada bilangan gelombang $1000 - 650 \text{ cm}^{-1}$ juga muncul serapan akibat vibrasi ikatan C=C pada cincin benzena. Puncak serapan yang lain juga muncul yaitu pada bilangan gelombang $770 - 730 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya monosubstitusi cincin benzena.

3.2 Ekstraksi Pati dan Pemisahan Amilosa

Pemisahan asam lemak dan senyawa lainnya dari Amprotab dilakukan dengan cara ekstraksi menggunakan

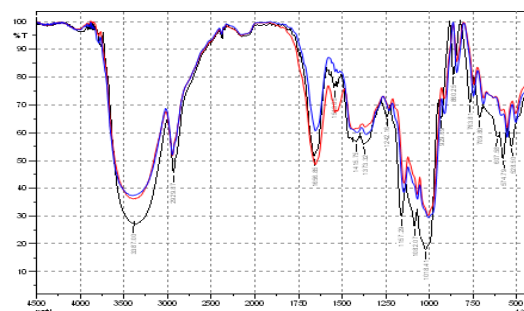
metanol 80% (v/v). Proses ekstraksi dilakukan selama empat jam pada suhu 40°C . Hasil ekstraksi disaring dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam. Residu ditimbang dan diperoleh rendemen sebesar 86,46 %. Tahapan ini bertujuan untuk menghilangkan asam lemak dan senyawa lainnya yang terdapat dalam pati agar amilosa dan amilopektin dapat dipisahkan dengan baik dan bebas dari senyawa yang tidak diharapkan.

Didasarkan pada kelarutannya dalam air, antara amilosa dan amilopektin dapat dipisahkan dengan metode pengendapan. Pati dilarutkan dalam aqua dm dengan volume berlebih. Bagian yang larut adalah amilosa sedangkan amilopektin langsung mengendap berbentuk agregat kasar. Dari keadaan ini langsung dipisahkan dan ditampung dalam gelas kimia yang bersih. Untuk mendapatkan masing-masing komponen dilakukan sentrifuge dengan kecepatan 6500 rpm. Setelah terpisah, endapan didekantasi dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam. Amilosa larut dalam air disebabkan karena strukturnya yang lurus sehingga gugus hidroksi dalam amilosa dapat berasosiasi dengan air membentuk ikatan hidrogen. Sedangkan amilopektin memiliki struktur bercabang menyebabkan gugus hidroksi dalam amilopektin terhalangi secara sterik

sehingga ada sebagian gugus hidroksi yang tidak mampu memecah ikatan hidrogen yang terdapat dalam air.

Gambar IV menunjukkan spektrum serapan gugus fungsi dalam pati, amilopektin dan amilosa yang dipisahkan dari Amprotab. Secara kualitatif, intensitas serapan pati lebih tajam (kuat) jika dibandingkan dengan amilopektin dan amilosa. Namun daerah serapan setiap gugus fungsi yang muncul pada rentang bilangan gelombang antara 4000 sampai 900 cm^{-1} hampir sama, karena senyawa pati, amilopektin dan amilosa memiliki gugus yang sama. Kecuali ikatan glikosidik akibat vibrasi ulur C-O-C dari ikatan α -(1,4)-glikosidik dan ikatan α -(1,6)-glikosidik masing-masing terlihat pada daerah bilangan gelombang 1658,78 cm^{-1} dan 1546,91 cm^{-1} . Serapan yang muncul pada bilangan gelombang 3400 - 3300 cm^{-1} sebagai akibat vibrasi ulur ikatan hidrogen dari O-H, pada bilangan gelombang 2929,87 cm^{-1} muncul serapan sebagai akibat adanya vibrasi ulur dari C-H. Puncak serapan pada bilangan gelombang antara 1440 - 1300 cm^{-1} disebabkan oleh vibrasi tekuk O-H dalam bidang, sedangkan puncak pada bilangan gelombang 1260 - 900 cm^{-1} akibat adanya vibrasi ikatan C-O. Puncak serapan juga muncul pada daerah bilangan gelombang 3000 - 2700 cm^{-1} sebagai akibat vibrasi

ulur ikatan C-H yang terikat pada gugus - CH_2 -.



Gambar IV Spektrum IR Pati (garis hitam), Amilopektin (garis merah dan Amilosa (garis biru)

Massa molekul relatif amilosa ditentukan menggunakan metode viskometri. Viskositas intrinsik diperoleh melalui grafik yang dieksplorasi dari data pengukuran. Menggunakan persamaan Mark-Houwink-Sakurada dengan tetapan pasangan amilosa-air pada suhu 20 °C yaitu $K = 1,32 \times 10^{-2} \text{ mL/g}$ dan 0,68 diperoleh massa molekul relatif rata-rata viskositas amilosa sebesar 70.987,45 g/mol. Sedangkan massa molekul relatif rata-rata viskositas amilopektin dan pati juga dilakukan secara viskometri dengan pelarut yang sama, masing-masing diperoleh 95.225,47 g/mol dan 155.922,95 g/mol. Perbedaan ini disebabkan karena jumlah satuan unit glukosa dalam amilosa, amilopektin dan pati berbeda. Dalam hal ini amilosa memiliki satu ikatan α -(1,4) membentuk rantai lurus sedangkan amilopektin dan pati sama-sama memiliki ikatan α -(1,4) dan α -(1,6) membentuk

rantai bercabang menyebabkan ukuran molekulnya lebih besar jika dibandingkan dengan amilosa.

3.3 Pembuatan Poliblend

Poliblend antara polimer PSS dan amilosa dibuat dengan berbagai perbandingan komposisi PS/Amilosa (80:20), PSS/Amilosa (100:0), PSS/Amilosa (90:10), PSS/Amilosa (80:20), PSS/Amilosa (70:30), PSS/Amilosa (60:40), PSS/Amilosa (50:50) menggunakan pelarut toluen dan n-butanol sebanyak 7 : 3 (v/v), karena amilosa kurang larut dalam n-butanol maka ditambahkan gliserol 0,04% (w/w). Polimer dilarutkan dalam toluen sedangkan amilosa dilarutkan dalam n-butanol dan gliserol. Setelah larut dan homogen, larutan polimer dicetak dalam cawan petri dan dibiarkan menguap pada suhu ruang selama 24 jam.

Penambahan gliserol sebanyak 0,04 % (w/w) selain sebagai *plasticizer* juga dapat membantu melarutkan amilosa sehingga poliblend PS/amilosa dan PSS/amilosa dapat dibentuk. Hal ini disebabkan karena gliserol dapat berinteraksi dengan amilosa membentuk ikatan hidrogen melalui gugus hidroksidanya.

IV. KESIMPULAN

Kajian Fisika Kimia Limbah Styrofoam dan Aplikasinya
(Ni Ketut Sumarni *et al.*)

Polistyren yang bersifat nonpolar dapat disulfonasi menjadi polistyren tersulfonasi yang bersifat polar sehingga polistyren dan polistyren tersulfonasi dapat dipoliblend dengan amilosa

DAFTAR PUSTAKA

- Mitchell, B.S., (2004) : An Introduction to Material Engineering and Science, New York, *John Wiley and Sons*, 448-459.
- Montgomery E.M., Senti F.R., (1958): Separation of Amylose from Amylopectin of Starch by an Extraction-Sedimentation Procedure, *Journal of Polymer Scienc*, **28**, 1-9.
- Rohandi. R., (2006) : Modifikasi Polistiren Melalui Pembentukan Poliblend dengan Polihidroksibutirat, *Skripsi*, Institut Teknologi Bandung.
- Rohaeti E.,(2003) : Pengaruh Komposisi Amilosa Terhadap Kemudahan Degradasi Poliuretan, *Jurnal Matematika dan Sains*, **8**, 159 -161.
- Steven, M.P., (1989) : *Polymer Chemistry An Introduction*. Oxford University Press, Inc. Terjemahan dari Sopyan I (2007) Kimia Polimer. *PT*

- Prayadya Paramita, Jakarta, Schnabel. W., (1981) : *Polymer Degradation, Principle and Applications*. Hanser International, 155 – 169.
- 63, 128-131.
- Stuart, B.H., (2003) : *Polymer Analysis*. University of Technology, Sydney, Australia, 164-167.